

**ANALISA PRAKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK RAYON
BOYOLALI MENGGUNAKAN METODE DKL 3.2**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ARKAN FARID RAMADAN

D400170061

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PRAKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK RAYON
BOYOLALI MENGGUNAKAN METODE DKL 3.2**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ARKAN FARID RAMADAN

D400170061

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, S.T., M.T
NIK : 883

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PRAKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK RAYON
BOYOLALI MENGGUNAKAN METODE DKL 3.2**

OLEH

ARKAN FARID RAMADAN

D400170061

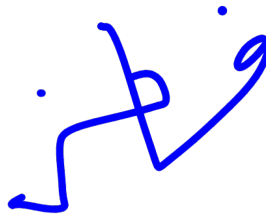
**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 13 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Agus Supardi, S.T., M.T**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Umar, S.T., M.T**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Aris Budiman, S.T., M.T**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D

NIK. 892

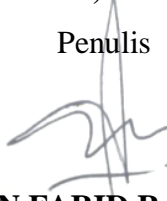
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 9 Juli 2021

Penulis



ARKAN FARID RAMADAN

D400170061

ANALISA PRAKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK RAYON BOYOLALI MENGUNAKAN METODE DKL 3.2

Abstrak

Konsumsi energi listrik untuk sektor rumah tangga dan industri bisnis setiap tahunnya mengalami peningkatan yang beragam, ini terjadi akibat dampak pertumbuhan jumlah penduduk setiap tahunnya bertambah serta perekonomian yang terus berkembang pesat. Ketersediaan energi listrik bagi masyarakat dan industri bisnis harus terpenuhi dengan baik dan tepat. Kelangkaan akan energi listrik memberi efek buruk bagi masyarakat, dimana di era sekarang ini banyak penggunaan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari. Untuk mengetahui jumlah pelanggan, konsumsi energi, dan daya tersambung yang dibutuhkan masyarakat maupun industri bisnis di masa depan, maka penelitian ini disusun menggunakan prakiraan model DKL 3.2 (Daftar Kebutuhan Listrik). Perhitungan prakiraan disusun dengan pendekatan secara sektoral yaitu sektor rumah tangga, bisnis, umum, dan industri. Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini diambil di PT. PLN (Persero) Rayon Boyolali dan BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Boyolali. Prakiraan ini dimulai dari tahun 2021-2026 dengan mengambil data yang sudah ada selama 5 tahun terakhir. Hasil dari hitung manual pelanggan terbanyak ada di sektor rumah tangga sebanyak 215.973 pelanggan, konsumsi energi tertinggi ada di sektor industri senilai 436,04 GWh, dan daya tersambung terbesar ada di sektor industri sebesar 510.421,15 kVA.

Kata Kunci: Energi, Prakiraan, Listrik, Metode DKL 3.2.

Abstract

The consumption of electrical energy for the household sector and business industry has increased in various ways every year, this is due to the impact of increasing population growth every year and the rapidly growing economy. It must be ensured that the availability of electrical energy for the community and business industry is fulfilled properly and appropriately. The scarcity of electrical energy has a negative effect on society, where in the current era there is a lot of use of electrical energy in everyday life. To find out the number of customers, energy consumption, and connected power needed by the community and the business industry in the future, this study was compiled using the DKL 3.2 (Electricity Demand List) model forecast. Forecast calculations are prepared using a sectoral approach, namely the household, business, general, and industrial sectors. The data needed for this research were taken at PT. PLN (Persero) Rayon Boyolali and BPS (Central Bureau of Statistics) Boyolali Regency. This forecast starts from 2021-2026 by taking data that has existed for the last 5 years. The results of the forecast in 2026 show that the most customers are in the household sector with 215,973 customers, the highest energy consumption is in the industrial sector at 436.04 GWh, and the largest connected power is in the industrial sector at 510,421.15 kVA.

Keywords: Energy, Forecast, Electricity, DKL Method 3.2.

1. PENDAHULUAN

Setiap orang pada dasarnya mampu mengetahui kejadian atau situasi di masa depan. Dalam perencanaan, prakiraan merupakan proses awal dari suatu perencanaan kelistrikan, termasuk estimasi kebutuhan energi listrik. Hasil akhirnya dapat berkelanjutan untuk meramalkan suatu kebutuhan energi listrik. Dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa semakin lama waktu perkiraan maka semakin sulit dan tidak akurat hasilnya. Oleh karena itu, setiap metode yang digunakan hanya dapat memberikan sebatas prakiraan (Pradana, 2020).

Berbagai macam kebutuhan hidup masyarakat yang membutuhkan energi listrik sebagai suatu kebutuhan penting yang tidak dapat digantikan, maka dari itu suatu perusahaan kelistrikan harus mampu mengetahui akan aspek tersebut. Dengan begitu pasokan energi listrik yang disediakan mampu untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Esteves, 2015).

Untuk sektor rumah tangga sendiri permintaan pelanggan baru terus bertambah dengan sangat cepat dan dapat memicu penambahan pasokan energi listrik yang lebih banyak lagi. Dengan mengetahui secara dini berapa permintaan energi listrik dapat mengurangi hal negatif yang bisa ditimbulkan akibat masalah tersebut seperti, pemadaman listrik, tidak meratanya pasokan listrik di pedesaan, dan lain-lain.

Pelanggan listrik sendiri terbagi menjadi beberapa sektor yaitu sektor rumah tangga, sektor bisnis, sektor umum, dan sektor industri. Banyak ditemukan perbedaan pola konsumsi energi listrik yang bervariasi. Besar konsumsi energi listrik di sektor rumah tangga lebih banyak pada saat masyarakat banyak waktu di rumah, sektor bisnis lebih banyak pada saat hari kerja, sektor umum lebih banyak saat hari libur, dan sektor industri lebih merata karena banyak industri besar yang beroperasi setiap hari.

Masalah kebutuhan energi listrik dan polusi udara diperkotaan yang buruk sangat membuat kerugian bagi masyarakat, melakukan prakiraan kebutuhan energi dengan baik adalah langkah untuk melakukan penyelesaian masalah tersebut. Tujuan utamanya untuk mencapai kebijakan energi yang optimal, yang membatasi pertumbuhan konsumsi energi, bahan bakar serta polusi udara di masa depan (Shabbir, 2010). Meningkatnya perekonomian daerah yang berkembang pesat mengakibatkan banyaknya energi listrik yang harus disediakan. Pengelolaan energi listrik harus diperhitungkan sehingga energi listrik dapat terpasok sesuai rencana yang akan diaplikasikan ke lapangan. Ini semua direncanakan agar dapat optimal dalam mengelola energi listrik yang ada (Nurjanah, 2016). Kualitas metode prakiraan sangat bergantung pada ketersediaan data konsumsi historis serta pada pengetahuan tentang parameter pengaruh utama pada konsumsi energi. Faktor-faktor ini juga menentukan pemilihan alat prakiraan yang paling sesuai. Umumnya tidak ada metode terbaik. Oleh karena itu, sangat penting untuk membuktikan basis data energi yang tersedia dan kondisi yang tepat

untuk penerapan alat prakiraan tersebut (Schellong, 2011). Prakiraan ini banyak digunakan oleh perusahaan listrik untuk mengantisipasi kurangnya pasokan energi listrik, didalamnya terdapat perhitungan mengenai skenario prakiraan kebutuhan energi listrik pada saat ini dan untuk masa depan (Sheikh, 2012).

Berkaitan dengan kutipan yang dicantumkan di atas maka dari itu penulis menyusun prakiraan tentang kebutuhan energi listrik di wilayah kerja PT. PLN (Persero) Rayon Boyolali yang akan dibuat dengan perhitungan manual dan dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan *software* LEAP skenario DKL 3.2 (Daftar Kebutuhan Listrik). Skenario tersebut dibuat dengan pendekatan secara sektoral yaitu rumah tangga, bisnis, umum, dan industri. Dengan skenario tersebut diharapkan dapat menghasilkan suatu proyeksi prakiraan kebutuhan energi listrik yang baik dan tepat.

2. METODE

Dalam penyusunan tugas akhir ini menggunakan beberapa tahapan sebagai berikut :

2.1 Studi Literature

Studi literature dimulai dengan mencari referensi dari jurnal yang telah ada kemudian diolah kembali menggunakan data yang ada, serta buku dan karya ilmiah lain yang berhubungan dengan materi tentang kebutuhan energi listrik.

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari PT. PLN (Persero) Rayon Boyolali dan situs web Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali.

2.3 Asumsi Pokok

Asumsi pokok merupakan cara untuk mencari variabel angka yang akan digunakan untuk perhitungan prakiraan kebutuhan energi listrik ini. Dalam perhitungan asumsi pokok terdapat beberapa perhitungan yaitu mencari pertumbuhan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto), pertumbuhan pelanggan, faktor pelanggan, elastisitas energi, dan rata daya tersambung. Berikut merupakan rumus untuk mencari asumsi kunci :

$$a. \text{ Pertumbuhan PDRB} = \left(\sqrt[4]{\frac{\text{PDRB persektor 2020}}{\text{PDRB persektor 2016}}} - 1 \right) \times 100\% \quad (1)$$

$$b. \text{ Pertumbuhan pelanggan} = \left(\sqrt[4]{\frac{\text{Jumlah pelanggan 2020}}{\text{Jumlah pelanggan 2016}}} - 1 \right) \times 100\% \quad (2)$$

$$c. \text{ Faktor pelanggan} = \frac{\text{Pertumbuhan pelanggan persektor}}{\text{Pertumbuhan pelanggan rumah tangga}} \quad (3)$$

$$d. \text{ Elastisitas energi} = \frac{\text{Pertumbuhan konsumsi energi persektor}}{\text{Pertumbuhan PDRB persektor}} \quad (4)$$

2.4 Perhitungan Metode DKL 3.2

Setelah melakukan perhitungan asumsi kunci, kemudian melakukan perhitungan menggunakan metode DKL 3.2 dengan beberapa rumus seperti berikut :

2.4.1 Sektor Rumah Tangga

a. Pelanggan sektor rumah tangga

$$PRT = PRT_{-1} \times (1 + (CFRT \times \frac{g^{RT}}{100})) \quad (5)$$

Keterangan : PRT = Pelanggan rumah tangga tahun ini

PRT_{-1} = Pelanggan rumah tangga tahun sebelumnya

CFRT = Faktor pelanggan rumah tangga

g^{RT} = Pertumbuhan PDRB total

b. Konsumsi energi listrik sektor rumah tangga

$$ERT = ERT_{-1} \times (1 + (\epsilon_{RT} \times \frac{g^{RT}}{100})) + (\Delta PRT \times UK_{RT}) \quad (6)$$

$$\Delta PRT = PRT_t - PRT_{-1} \quad (7)$$

$$UK_{RT} = \frac{ERT_{-1}}{PRT_{-1}} \quad (8)$$

Keterangan : ERT = Konsumsi energi listrik tahun ini

ERT_{-1} = Konsumsi energi listrik tahun sebelumnya

ϵ_{RT} = Elastisitas energi rumah tangga

g^{RT} = Pertumbuhan PDRB total

ΔPRT = Delta pelanggan rumah tangga

UK_{RT} = Unit konsumsi rumah tangga

c. Daya tersambung sektor rumah tangga

$$DRT = DRT_{-1} + (\Delta PRT \times D_r RT) \quad (9)$$

$$D_r RT = \frac{DRT_{-1}}{PRT_{-1}} \quad (10)$$

Keterangan : DRT = Daya tersambung tahun ini

DRT_{-1} = Daya tersambung tahun sebelumnya

ΔPRT = Delta pelanggan rumah tangga

$D_r RT$ = Rata-rata daya tersambung rumah tangga

2.4.2 Sektor Bisnis

a. Pelanggan sektor bisnis

$$PB = PB_{-1} \times (1 + (CFB \times \frac{g^B}{100})) \quad (11)$$

Keterangan : PB = Pelanggan bisnis tahun ini

PB_{-1} = Pelanggan bisnis tahun sebelumnya

CFB = Faktor pelanggan bisnis

g^B = Pertumbuhan PDRB bisnis

b. Konsumsi energi listrik sektor bisnis

$$EB = EB_{-1} \times (1 + (\epsilon B \times \frac{g^B}{100})) \quad (12)$$

Keterangan : EB = Konsumsi energi listrik tahun ini

EB_{-1} = Konsumsi energi listrik tahun sebelumnya

ϵB = Elastisitas energi bisnis

g^B = Pertumbuhan PDRB bisnis

c. Daya tersambung sektor bisnis

$$DB = DB_{-1} + (\Delta PB \times D_r B) \quad (13)$$

$$\Delta PB = PB_t - PB_{-1} \quad (14)$$

$$D_r B = \frac{DB_{-1}}{PB_{-1}} \quad (15)$$

Keterangan : DB = Daya tersambung tahun ini

DB_{-1} = Daya tersambung tahun sebelumnya

ΔPB = Delta pelanggan rumah tangga

$D_r B$ = Rata-rata daya tersambung rumah tangga

2.4.3 Sektor Umum

a. Pelanggan sektor umum

$$PU = PU_{-1} \times (1 + (CFU \times \frac{g^U}{100})) \quad (16)$$

Keterangan : PU = Pelanggan umum tahun ini

PU_{-1} = Pelanggan umum tahun sebelumnya

CFU = Faktor pelanggan umum

g^U = Pertumbuhan PDRB umum

b. Konsumsi energi listrik sektor umum

$$EU = EU_{-1} \times (1 + (\epsilon U \times \frac{g^U}{100})) \quad (17)$$

Keterangan : EU = Konsumsi energi listrik tahun ini

EU_{-1} = Konsumsi energi listrik tahun sebelumnya

ϵU = Elastisitas energi umum

g^U = Pertumbuhan PDRB umum

c. Daya tersambung sektor umum

$$DU = DU_{-1} + (\Delta PU \times D_r U) \quad (18)$$

$$\Delta PU = PU_t - PU_{-1} \quad (19)$$

$$D_r U = \frac{DU_{-1}}{PU_{-1}} \quad (20)$$

Keterangan : DU = Daya tersambung tahun ini
 DU_{-1} = Daya tersambung tahun sebelumnya
 ΔPU = Delta pelanggan umum
 $D_r U$ = Rata-rata daya tersambung umum

2.4.4 Sektor Industri

a. Pelanggan sektor industri

$$PI = PI_{-1} \times (1 + (CFI \times \frac{g^I}{100})) \quad (21)$$

Keterangan : PI = Pelanggan industri tahun ini
 PI_{-1} = Pelanggan industri tahun sebelumnya
CFI = Faktor pelanggan industri
 g^I = Pertumbuhan PDRB industri

b. Konsumsi energi listrik sektor industri

$$EI = EI_{-1} \times (1 + (\epsilon I \times \frac{g^I}{100})) \quad (22)$$

Keterangan : EI = Konsumsi energi listrik tahun ini
 EI_{-1} = Konsumsi energi listrik tahun sebelumnya
 ϵI = Elastisitas energi industri
 g^I = Pertumbuhan PDRB industri

c. Daya tersambung sektor industri

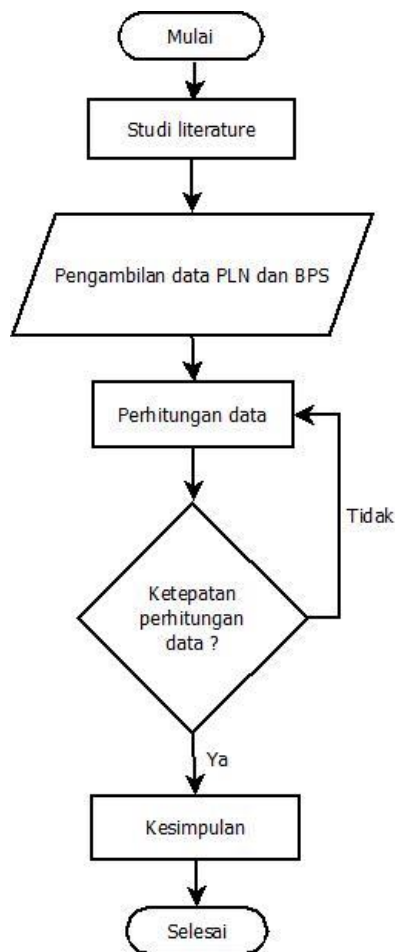
$$DI = DI_{-1} + (\Delta PI \times D_r I) \quad (23)$$

$$\Delta PI = PI_t - PI_{-1} \quad (24)$$

$$D_r I = \frac{DI_{-1}}{PI_{-1}} \quad (25)$$

Keterangan : DI = Daya tersambung tahun ini
 DI_{-1} = Daya tersambung tahun sebelumnya
 ΔPI = Delta pelanggan industri
 $D_r I$ = Rata-rata daya tersambung industri

2.5 Diagram Alir



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pendukung

Dengan didapatnya data pendukung untuk melakukan perhitungan prakiraan kebutuhan energi listrik menggunakan metode DKL 3.2 ini, maka ditampilkan data yang diperoleh seperti berikut :

Tabel 1. Data PDRB ADH (Juta Rupiah) 2016-2020

Tahun	Industri	Umum	Bisnis	Total
2016	14.580.513,51	4.490.043,89	6.859.277,66	25.929.835,06
2017	15.420.659,18	4.965.708,74	7.528.278,63	27.914.646,55
2018	16.616.567,17	5.441.781,60	8.200.487,62	30.258.836,39
2019	17.825.379,19	5.921.510,15	8.919.091,82	32.665.981,16
2020	18.610.127,80	5.871.262,61	8.190.359,73	32.671.750,14

Tabel 2. Data PLN

Jumlah Pelanggan	2016	2017	2018	2019	2020
Rumah Tangga	129.387	135.402	141.765	147.537	152.774
Bisnis	7.425	8.464	8.986	9.481	10.251
Umum	5.107	5.486	5.875	6.230	6.577
Industri	255	278	286	338	524
Total	142.174	149.630	156.912	163.586	170.126
Daya Tersambung (kVA)	2016	2017	2018	2019	2020
Rumah Tangga	89.229,35	95.214,90	102.444,70	109.147,90	115.270,40
Bisnis	20.987,85	26.349,40	29.329,90	32.256,30	36.093,45
Umum	11.506,54	13.143,64	14.352,94	15.965,64	17.033,89
Industri	92.977,10	96.532,30	99.015,50	109.431,90	109.875,55
Total	214.700,84	231.240,24	245.143,04	266.801,74	278.273,29
Konsumsi Energi (GWh)	2016	2017	2018	2019	2020
Rumah Tangga	147,88	148,67	152,67	161,59	178,01
Bisnis	26,95	31,31	36,13	41,12	44,57
Umum	21,61	22,37	24,20	26,17	26,87
Industri	367,00	387,75	405,17	408,69	394,13
Total	563,44	590,10	618,17	637,57	643,58

3.2 Perhitungan Asumsi Kunci

Sebelum melakukan perhitungan menggunakan metode DKL 3.2, dilakukan perhitungan asumsi kunci sebagai nilai pokok yang ada dalam rumus DKL 3.2. Berikut contoh perhitungan asumsi kunci pada sektor bisnis :

- Pertumbuhan PDRB bisnis
$$= \left(\sqrt[4]{\frac{8.190.359,73}{6.859.277,66}} - 1 \right) \times 100\%$$

$$= (1,04533 - 1) \times 100\%$$

$$= 0,04533 \times 100\%$$

$$= 4,53\%$$
- Pertumbuhan pelanggan bisnis
$$= \left(\sqrt[4]{\frac{10.251}{7.425}} - 1 \right) \times 100\%$$

$$= (1,08397 - 1) \times 100\%$$

$$= 0,08397 \times 100\% = 8,39 \%$$
- Faktor pelanggan bisnis
$$= \frac{8,39}{4,24} = 1,97$$
- Elastisitas energi bisnis
$$= \frac{13,40}{4,53} = 2,95$$

Setelah menghitung semua asumsi kunci maka dapat dibuat tabel seperti berikut ini :

Tabel 3. Asumsi Kunci

ASUMSI POKOK	
Pertumbuhan PDRB total	5,94%
Pertumbuhan PDRB bisnis	4,53%
Pertumbuhan PDRB umum	6,93%
Pertumbuhan PDRB industri	6,29%
Pertumbuhan pelanggan RT	4,24%
Pertumbuhan pelanggan bisnis	8,39%
Pertumbuhan pelanggan umum	6,52%
Pertumbuhan pelanggan industri	19,72%
Faktor pelanggan RT	1
Faktor pelanggan bisnis	1,97
Faktor pelanggan umum	1,53
Faktor pelanggan industri	4,65
Elastisitas RT	0,79
Elastisitas bisnis	2,95
Elastisitas umum	0,80
Elastisitas industri	0,28
Rata daya tersambung RT	0,75
Rata daya tersambung bisnis	3,52
Rata daya tersambung umum	2,58
Rata daya tersambung industri	209,6

Tabel 4. Variabel Pendukung

Tahun	Unit Konsumsi RT	Delta PRT	Rata Daya Tersambung Baru			
			RT	Bisnis	Umum	Industri
2021	0,00116	9.074	0,75	3,52	2,58	209,6
2022	0,00121	9.613	0,75	3,52	2,58	209,6
2023	0,00126	10.184	0,75	3,52	2,58	209,6
2024	0,00132	10.789	0,75	3,52	2,58	209,6
2025	0,00138	11.430	0,75	3,52	2,58	209,6
2026	0,00144	12.109	0,75	3,52	2,58	209,6

3.3 Perhitungan Manual DKL 3.2

Setelah menghitung asumsi kunci sebagai nilai pokok yang ada dalam metode DKL 3.2, selanjutnya dapat dihitung jumlah pelanggan, konsumsi energi listrik, dan daya tersambung tiap sektornya menggunakan rumus yang sudah ditentukan. Berikut dicontohkan perhitungan manual

jumlah pelanggan, konsumsi energi listrik, dan daya tersambung menggunakan metode DKL 3.2 pada sektor bisnis tahun 2021 dimana rumus juga berlaku untuk semua sektor dan total konsumsi energi listrik tahun 2021-2026 untuk semua sektor.

- Jumlah pelanggan

$$\begin{aligned} PB_{2021} &= 10.251 \times (1 + (1,97 \times \frac{4,53\%}{100})) \\ &= 10.251 \times (1 + (1,97 \times 0,0453)) \\ &= 10.251 \times (1,089) \\ &= 11.163 \text{ Pelanggan} \end{aligned}$$

- Konsumsi energi listrik

$$\begin{aligned} EB_{2021} &= 44,57 \times (1 + (2,95 \times \frac{4,53\%}{100})) \\ &= 44,57 \times (1 + (0,133)) \\ &= 44,57 \times 1,133 \\ &= 50,49 \text{ GWh} \end{aligned}$$

- Daya tersambung

$$\begin{aligned} DB_{2021} &= 36.093,45 + (912 \times 3,52) \\ &= 36.093,45 + 3.210,24 \\ &= 39.303,69 \text{ kVA} \end{aligned}$$

- Konsumsi energi listrik total

$$\begin{aligned} ET_t &= ERT_t + EB_t + EU_t + EI_t \\ &= 1.576,98 + 423,3 + 195,18 + 2.513,39 \\ &= 4.708,85 \text{ GWh} \end{aligned}$$

3.4 Simulasi Menggunakan *Software* LEAP

Dalam menggunakan *software* LEAP sebagai alat simulasi yang akan menghasilkan suatu proyeksi kebutuhan energi listrik untuk langkah pertama setting tahun awal skenario dan tahun akhir skenario di menu *setting*, selanjutnya membuat modul *key assumptions* dan isikan sesuai hasil dari pengolahan data mentah PLN dan BPS, kemudian membuat modul *demand* dan atur pada nilai dasar sebagai permintaan yang berisi seperti jumlah pelanggan, konsumsi energi, dan daya tersambung. Kemudian mengatur skenario sesuai dengan yang akan dibuat, lalu mengisi kolom ekspresi pada *demand* sesuai dengan rumus DKL 3.2 yang ada. Pada modul *demand* menggunakan dua analisis untuk melihat hasil simulasi, untuk yang pertama analisis *level* aktivitas digunakan untuk melihat hasil jumlah pelanggan, daya tersambung. Analisis yang kedua adalah *energy*

demand final units untuk melihat hasil proyeksi konsumsi energi listrik. Berikut ditampilkan rumus jumlah pelanggan pada *software* LEAP modul *demand*.

Cabang	Skenario	Eksprei	Skala	Unit
Rumah Tangga	Nilai Dasar	152774		PerPelanggan
	DKL 3.2	$PrevYearValue * (1 + (Key \backslash Faktor \ Pelanggan \ Rumah \ Tangga [Pelanggan] * (Key \backslash Pertumbuhan \ PDRB \ Rumah \ Tangga [\% \ PerTahun])))$		PerPelanggan
Bisnis	Nilai Dasar	10251		PerPelanggan
	DKL 3.2	$PrevYearValue * (1 + (Key \backslash Faktor \ Pelanggan \ Bisnis [Pelanggan] * (Key \backslash Pertumbuhan \ PDRB \ Bisnis [\% \ PerTahun])))$		PerPelanggan
Umum	Nilai Dasar	6577		PerPelanggan
	DKL 3.2	$PrevYearValue * (1 + (Key \backslash Faktor \ Pelanggan \ Umum [Pelanggan] * (Key \backslash Pertumbuhan \ PDRB \ Umum [\% \ PerTahun])))$		PerPelanggan
Industri	Nilai Dasar	524		PerPelanggan
	DKL 3.2	$PrevYearValue * (1 + (Key \backslash Faktor \ Pelanggan \ Industri [Pelanggan] * (Key \backslash Pertumbuhan \ PDRB \ Industri [\% \ PerTahun])))$		PerPelanggan
Daya Tersambung	Nilai Dasar			No data
	DKL 3.2			No data
Produksi Energi Dan ...	Nilai Dasar			No data
	DKL 3.2			No data

Gambar 2. Rumus Jumlah Pelanggan DKL 3.2 *Software* LEAP

3.5 Hasil Perbandingan Hitung Manual dan *Software* LEAP

A. Jumlah Pelanggan

Tabel 5. Hasil Jumlah Pelanggan Hitung Manual

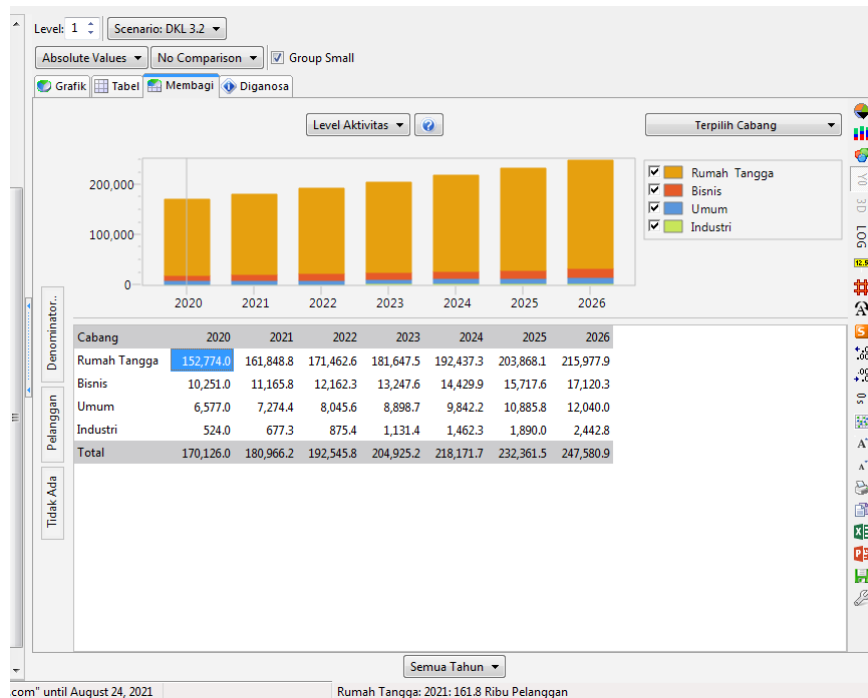
Jumlah Pelanggan				
Tahun	Rumah Tangga	Bisnis	Umum	Industri
2021	161.848	11.163	7.274	677
2022	171.461	12.156	8.045	875
2023	181.645	13.237	8.897	1.130
2024	192.434	14.415	9.840	1.459
2025	203.864	15.697	10.883	1.885
2026	215.973	17.094	12.036	2.435

Tabel 6. Hasil Jumlah Pelanggan *Software* LEAP

Jumlah Pelanggan				
Tahun	Rumah Tangga	Bisnis	Umum	Industri
2021	161.848	11.165	7.274	677
2022	171.462	12.162	8.045	875
2023	181.647	13.247	8.898	1.131
2024	192.437	14.429	9.842	1.462
2025	203.868	15.717	10.885	1.890
2026	215.977	17.120	12.040	2.442

Berdasarkan dari tabel 5 dan 6 hasil peramalan jumlah pelanggan di atas, semua sektor mengalami peningkatan jumlah pelanggan yang bervariasi, sektor rumah tangga menghasilkan

pelanggan terbanyak dari pada sektor yang lain. Dalam perhitungan manual pada tahun 2026 sektor rumah tangga memiliki pelanggan sebanyak 215.973, sektor bisnis 17.094, sektor umum 12.036, dan sektor industri 2.435. Untuk selanjutnya ditampilkan hasil simulasi jumlah pelanggan dari tahun 2021-2026 menggunakan *software* LEAP.



Gambar 3. Hasil Simulasi Jumlah Pelanggan

Berdasarkan dari simulasi yang telah dibuat, menunjukkan bahwa jumlah pelanggan listrik rayon Boyolali selalu bertambah setiap tahunnya. Laju pertumbuhan pelanggan untuk sektor rumah tangga 7,47%, sektor bisnis 11,24%, sektor industri 37,71%, sektor umum 13,41%.

B. Daya Tersambung

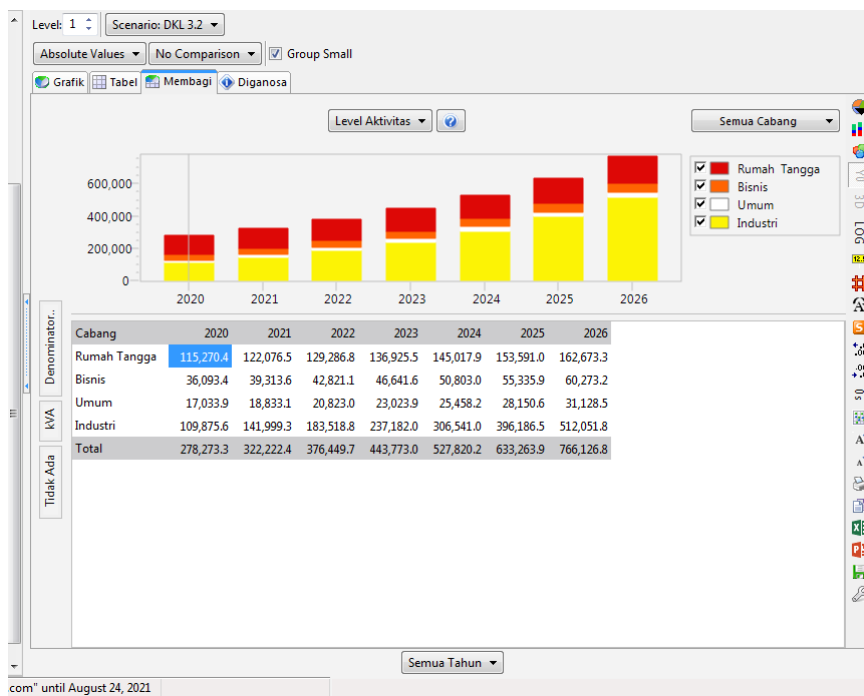
Tabel 7. Hasil Daya Tersambung Hitung Manual

Daya Tersambung (kVA)				
Tahun	Rumah Tangga	Bisnis	Umum	Industri
2021	122.075,90	39.303,69	18.831,71	141.944,35
2022	129.285,65	42.799,05	20.820,89	183.445,15
2023	136.923,65	46.604,17	23.019,05	236.893,15
2024	145.015,40	50.750,73	25.451,99	305.851,55
2025	153.587,90	55.263,37	28.142,93	395.141,15
2026	162.669,65	60.180,81	31.117,67	510.421,15

Tabel 8. Hasil Daya Tersambung *Software* LEAP

Daya Tersambung (kVA)				
Tahun	Rumah Tangga	Bisnis	Umum	Industri
2021	122.076,48	39.313,58	18.833,06	141.999,29
2022	129.286,84	42.821,08	20.822,99	183.518,75
2023	136.925,50	46.641,59	23.023,92	237.182,03
2024	145.017,90	50.803,04	25.458,21	306.541,01
2025	153.590,98	55.335,87	28.150,60	396.168,45
2026	162.673,31	60.273,21	31.128,46	510.051,84

Berdasarkan tabel 7 dan 8 hasil prakiraan daya tersambung di atas dapat dilihat bahwa daya tersambung sektor industri memiliki nilai paling tinggi dibandingkan dengan sektor yang lain. Pada hitung manual tahun 2026 sektor rumah tangga senilai 162.669,65 kVA, sektor bisnis 60.180,81 kVA, sektor umum 31.117,67 kVA, dan sektor industri 510.421,15 kVA. Untuk selanjutnya dapat dilihat hasil simulasi daya tersambung dari tahun 2021-2026 menggunakan *software* LEAP.



Gambar 4. Hasil Simulasi Daya Tersambung

Berdasarkan grafik daya tersambung di atas dapat dilihat bahwa setiap tahunnya semua sektor mengalami kenaikan yang bervariasi. Laju pertumbuhan daya tersambung untuk sektor rumah tangga senilai 7,44%, sektor bisnis 11,23%, sektor umum 13,37%, sektor industri 37,70%.

C. Konsumsi Energi Listrik

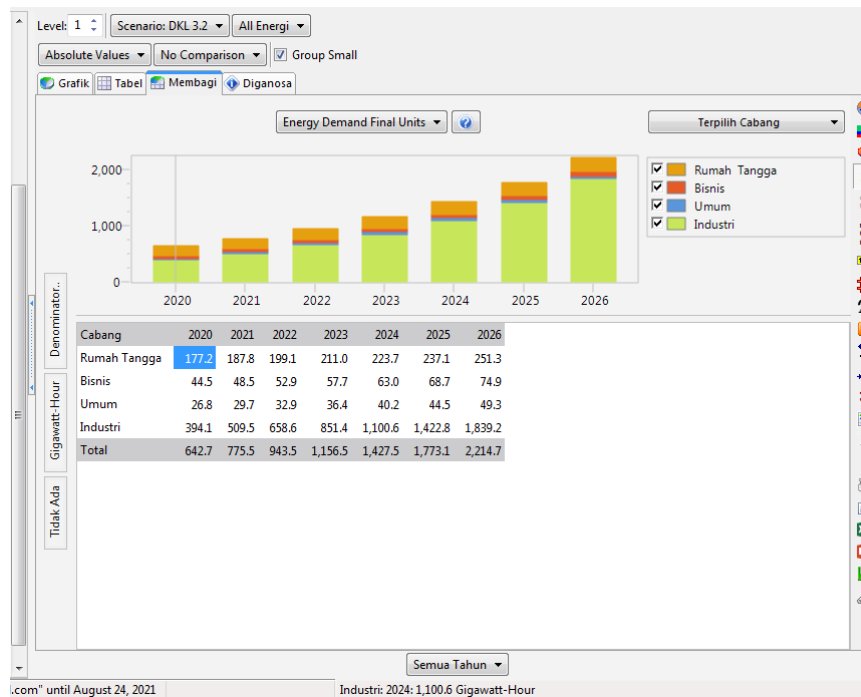
Tabel 9. Hasil Konsumsi Energi Listrik Hitung Manual

Konsumsi Energi (GWh)				
Tahun	Rumah Tangga	Bisnis	Umum	Industri
2021	201,32	50,49	28,34	400,83
2022	222,68	57,20	29,90	407,64
2023	246,25	64,80	31,54	414,56
2024	272,35	73,41	33,27	421,60
2025	301,23	83,17	35,10	428,76
2026	333,15	94,23	37,03	436,04

Tabel 10. Hasil Konsumsi Energi Listrik *Software* LEAP

Konsumsi Energi (GWh)				
Tahun	Rumah Tangga	Bisnis	Umum	Industri
2021	187,84	48,52	29,70	509,48
2022	199,10	52,93	32,86	658,61
2023	211,03	57,73	36,37	851,39
2024	223,68	62,96	40,25	1.100,61
2025	237,08	68,67	44,54	1.422,77
2026	251,29	74,90	49,29	1.839,23

Berdasarkan dari tabel 9 dan 10 hasil prakiraan konsumsi energi listrik di atas, setiap tahunnya konsumsi energi listrik setiap sektor bertambah. Untuk sektor rumah tangga pada hitung manual tahun 2026 sebesar 333,15 GWh, sektor bisnis 94,23 GWh, sektor umum 37,03 GWh, dan sektor industri 436,04 GWh. Untuk selanjutnya ditampilkan hasil simulasi konsumsi energi listrik tahun 2021-2026 menggunakan *software* LEAP.



Gambar 5. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Listrik

Berdasarkan hasil simulasi di atas dapat dilihat bahwa sektor industri paling banyak konsumsi energi listriknya, ini terjadi karena banyaknya industri skala besar yang beroperasi, sedangkan untuk sektor lain juga meningkat setiap tahunnya. Laju pertumbuhan konsumsi energi listrik untuk sektor rumah tangga 13,41%, sektor bisnis 16,88%, sektor umum 6,91%, dan sektor industri 2,12%.

3.6 Perbandingan Hasil Hitung Manual Dengan Hasil Simulasi LEAP

Perlu dilakukan perhitungan *error* data hasil hitung manual dengan hasil simulasi *software* LEAP agar dapat diketahui berapa *error* yang dihasilkan. Berikut ditampilkan contoh perbandingan hasil daya tersambung tahun 2021 dari pengolahan hitung manual dan hasil *software* LEAP.

Tabel 11. Perhitungan *Error*

Sektor	Hitung Manual	Hasil Simulasi	<i>Error</i> (%)
Rumah Tangga	122.075,90	122.076,48	0,0004%
Bisnis	39.303,69	39.313,58	0,0251%
Umum	18.831,71	18.833,06	0,0716%
Industri	141.944,35	141.999,29	0,0387%
Total	322.155,65	322.222,41	0,2072%

Berdasarkan dengan tabel 11 diatas dapat disimpulkan bahwa *error* yang dihasilkan oleh *software* LEAP sebagai alat simulasi prakiraan kebutuhan energi listrik menghasilkan error perhitungan yang kecil jika dibandingkan dengan hasil hitung manual.

4. PENUTUP

Setelah melakukan analisa perhitungan kebutuhan energi listrik di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perhitungan menggunakan hitung manual maupun menggunakan perangkat lunak LEAP dapat dilihat bahwa setiap tahunnya jumlah pelanggan tiap sektor selalu meningkat. Pada perhitungan manual untuk sektor rumah tangga sendiri pada tahun 2021 sebanyak 161.848 pelanggan dan pada tahun 2026 sebanyak 215.973 pelanggan, sedangkan pada simulasi *software* LEAP pada tahun 2021 sebanyak 161.848 pelanggan dan pada tahun 2026 sebanyak 215.977 pelanggan. Hal ini juga terjadi disemua sektor yang ada baik itu sektor bisnis, sektor umum, maupun sektor industri. Sektor yang paling banyak jumlah pelanggannya yaitu sektor rumah tangga, kemudian disusul sektor bisnis, sektor umum, dan yang paling sedikit sektor industri.
2. Pada hasil perhitungan daya tersambung baik itu dengan hitung manual maupun menggunakan *software* LEAP menghasilkan nilai yang meningkat setiap tahunnya. Dapat dicontohkan pada sektor rumah tangga dengan hitung manual pada tahun 2021 senilai 122.075,90 kVA meningkat pada tahun 2026 menjadi 162.669,65 kVA, sedangkan pada simulasi *software* LEAP pada tahun 2021 senilai 122.076,48 kVA meningkat pada tahun 2026 menjadi 162.673,31 kVA. Sektor yang lain juga mengalami peningkatan yang beragam, dapat dilihat bahwa sektor industri yang memiliki nilai daya tersambung paling tinggi dibandingkan dengan sektor yang lain.
3. Dalam perhitungan konsumsi energi listrik dengan menggunakan hitung manual maupun simulasi *software* LEAP menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik selalu bertambah setiap tahunnya. Dapat dilihat bahwa pada hitung manual sektor rumah tangga tahun 2021 sejumlah 201,32 GWh bertambah pada tahun 2026 menjadi 333,15 GWh, sedangkan pada simulasi *software* LEAP pada tahun 2021 sejumlah 187,84 GWh bertambah pada tahun 2026 menjadi 251,29 GWh. Ini juga terjadi kenaikan jumlah konsumsi energi listrik pada sektor yang lain. Untuk sektor industri menunjukkan jumlah konsumsi energi listrik tertinggi daripada sektor yang lain.
4. Hasil perhitungan *error* menunjukkan bahwa ketepatan suatu peramalan dikatakan baik jika tidak memiliki error lebih dari $\pm 5\%$. Untuk daya tersambung pada tahun 2021 sektor rumah tangga menghasilkan error 0,0004%, sektor bisnis 0,0251%, sektor umum 0,0716%, dan yang terakhir sektor industri 0,0387%.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah setelah melalui beberapa tahapan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, dan pada akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar tanpa ada gangguan yang berat. Saya ucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya-Nya, sehingga pada penulisan tugas akhir ini dapat selesai dengan baik dan lancar.
2. Saya ucapkan banyak terima kasih kepada bapak Agus Murdiyanto, S.H. dan ibu Sri Yanuastuti, S.E. selaku kedua orang tua saya, dan tak lupa saudara saya Abin, Aisyah, Zahra yang telah memberi semangat dan motivasi yang berarti bagi saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
3. Saya ucapkan terima kasih juga kepada bapak Agus Supardi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing saya yang telah memberi arahan dan masukan untuk menyusun tugas akhir ini.
4. Saya ucapkan terimakasih kepada Vinales Agistiya, yang telah membantu saya serta memberi masukan hal-hal yang positif sehingga saya dapat mengerjakan tanpa hambatan yang berarti.
5. Kepada seluruh teman-teman Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta terutama angkatan 2017, yang telah memberikan saya dorongan serta semangat untuk mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Esteves, G. R., Bastos, B. Q., Cyrino, F. L., Calili, R. F., & Souza, R. C. (2015). "Long Term Electricity Forecast: A Systematic Review." *Procedia Computer Science*, 55, 549-558.
- Gumelar, Yulianto Agung (2016). "Analisis Perbandingan Software LEAP Versi 2015.0.19.0 Dengan Metode Regresi Linear Pada Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Di Rayon Kota Cirebon Sampai Tahun 2020." Tugas Akhir S1 Teknik Elektro. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Nurjanah, I., Winardi, B., & Nugroho, A. (2016). "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2016–2020 Pada PT. PLN (Persero) Unit Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Tegal dengan Metode Gabungan." *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 5(1), 49-55.
- Park, N. B., Yun, S. J., & Jeon, E. C. (2013). "An Analysis of Long-Term Scenarios For The Transition to Renewable Energy in the Korean Electricity Sector." *Energy Policy*, 52, 288-296.
- Pradana, A. S., & Zuliari, E. A. (2020). "Analisa Meningkatnya Jumlah Pelanggan Dan Konsumsi Energi Listrik Terhadap Sistem Distribusi Ketenagalistrikan Kota Surabaya Menggunakan Metode DKL 3.2." *SinarFe7*, 3(1), 6-10.
- Shabbir, R., & Ahmad, S. S. (2010). "Monitoring Urban Transport Air Pollution and Energy Demand in Rawalpindi and Islamabad Using LEAP Model." *Energy*, 35(5), 2323-2332.
- Sheikh, S. K., & Unde, M. G. (2012). "Short Term Load Forecasting Using ann Technique." *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, 1(2), 97-107.
- Schellong, W. (2011). "Energy Demand Analysis and Forecast." *energy management systems*, 101-120.